Zur Anatomie der Orchideen-Luftwurzeln

von

Dr. **Ed. Palla,**

Assistenten am botanischen Institute der k. k. Universität Graz.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. März 1889.)

Durch die Freundlichkeit des Herrn Fritz Müller in Blumenau in Brasilien ist Herr Prof. Haberlandt in den Besitz einer kleinen Probe zweier interessanten Orchideen-Luftwurzeln gekommen, deren nähere Untersuchung er mir in zuvorkommender Weise überliess. Die Wurzeln waren in ihrer Aufbewahrungsflüssigkeit — Alkohol — trefflich erhalten und gestatteten eine eingehende Erforschung ihrer anatomischen Eigenthümlichkeiten. Die eine — *Angrecum ornithorrhynchum* Lindl. (?) [1] — stellt den meines Wissens bei den Orchideen-Luftwurzeln bis jetzt noch nicht beobachteten Fall vor, dass die Wurzelhülle zu vielzelligen zottenförmigen Gebilden auswächst; die andere — *Polyrrhiza* sp. [2] — über die Fritz Müller eine kurze Mittheilung im Kosmos [3] gegeben hat, ist wohl eines der ausgeprägtesten Beispiele für die durch Janczewski [4] bekannt gewordene Dorsiventralität gewisser Orchideen-Luftwurzeln. Wenn ich aus dem Ergebnisse der anatomischen Untersuchung der besagten Wurzeln einige Schlüsse für die Biologie der Pflanzen ziehe, so will ich hier im vorhinein bemerken, dass selbstverständlich diese Schlüsse der experimentellen Bestätigung an lebenden Pflanzen harren und desshalb auch nur in diesem Sinne zu beurtheilen sind.

---

[1] Wahrscheinlich ein *Campylocentrum.*

[2] Pfitzer in „Engler u. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, *Orchidaceae*," S. 215.

[3] „Wurzeln als Stellvertreter der Blätter," Kosmos IX, 2, S. 443.

[4] Extrait des annales des sciences botaniques. 1885.

Angrecum ornithorrhynchum Lindl. (?)

Der polyarche Centralstrang, die aus stark verdickten Zellen sich zusammensetzende, häufig von Durchgangszellen unterbrochene innere Schutzscheide, das Rindengewebe (bei dem mir vorliegenden Stücke mit zahlreichen Stärkekörnern erfüllt) und die Exodermis bieten keine Besonderheiten dar. Desto interessanter ist die Wurzelhülle gebaut. Schon äusserlich bemerkt man, dass die Luftwurzel mit zahlreichen papillenförmigen Gebilden bekleidet ist, welche ihr ein warziges Aussehen und eine sehr rauhe Oberfläche verleihen. Die mikroskopische Untersuchung eines Querschnittes lehrt, dass man es hier mit mehrzelligen Auswüchsen der Wurzelhülle zu thun hat. Die Gestalt und Grösse dieser Zotten ist ziemlich wechselnd. Bald sind es wenigzellige, abgeflachte bis halbkugelförmige, bald vielzellige, kegelförmige Gebilde; zwischen beiden gibt es die mannigfaltigsten Übergänge. Die Zellen sind bis auf die äusserste Schicht ziemlich stark verdickt, wesshalb die Zotten einen hohen Grad von Steifheit besitzen; ihre Wände sind mit Poren mehr minder dicht besetzt, mit Ausnahme jener Tangentialwände, welche der Exodermis anliegen, wo sich nur vereinzelt Poren vorfinden. Die Wände der äussersten Zellschicht der Wurzelhülle sind bis auf die inneren Tangentialwände, welche mit wenigen, gewöhnlich spaltenförmigen Poren versehen sind, durch leistenförmige, fast durchgehends parallel verlaufende (äussere Tangentialwände) oder verschiedenartig sich verzweigende und kreuzende (Radial- und Querwände) Verdickungen ausgezeichnet. Zwischen den Auswüchsen ist die Wurzelhülle nicht selten bloss einschichtig. (Vergl. Fig 1 und 2).

Der eigenthümliche Bau der Wurzelhülle spricht sehr dafür, dass die Luftwurzeln hier zum grössten Theile, wenn nicht ausschliesslich, die Wasseraufnahme für die Pflanze besorgen. Dadurch, dass die Wurzelhülle zu kegelförmigen Gebilden auswächst, wird jedenfalls die absorbirende Oberfläche der Luftwurzel sehr beträchtlich vergrössert. Die rasche und gleichmässige Abgabe des aufgenommenen Wassers an das Innere der Wurzel besorgen die Kurzzellen, welche in grosser Zahl vorhanden sind und in den häufigsten Fällen eine solche Lage einnehmen, dass sie um den

Fuss der Zotten geordnet erscheinen. Übrigens dürfte auch die Assimilationsthätigkeit der Luftwurzeln eine ziemlich bedeutende sein, denn man findet in der peripheren Schicht des Rindengewebes einen nicht unbeträchtlichen Gehalt an Chlorophyllkörpern. [1]

Da ich auch die Blätter von *Angrecum ornithorrhynchum* (?) untersuchen konnte, so will ich eine kurze Beschreibung des anatomischen Baues derselben geben. Die Blätter sind klein (das längste mass etwas über 4 *cm*), beinahe nadelförmig und werden von drei schwachen Gefässbündeln durchzogen. An den das Leptom umgebenden Bast schliessen sich mehrere Züge jener eigenthümlichen, namentlich durch Pfitzer's [2] Untersuchungen bekannt gewordenen und nach M. Möbius [3] in Orchideenblättern wohl allgemein vorkommenden Zellen an, die Kieselscheiben in ihrem Inneren führen. Beim Chlorophyllgewebe, das den grössten Theil des Blattes einnimmt, zeigt sich kein Unterschied zwischen Ober- und Unterseite. Unter der mit dickwandigen Aussenwänden versehenen Epidermis finden sich als peripherer mechanischer Beleg Bastzellen vor, in der Vertheilung, dass je 1 bis 3 durch eine Schicht von gewöhnlich 1 bis 3 chlorophyllhältigen Zellen getrennt werden. (Vergl. Fig. 3.)

Polyrrhiza sp.

Diese Orchidee steht der von Janczewski [4] untersuchten *Polyrrhiza* (*Aëranthus*) *fasciola* jedenfalls sehr nahe, unterscheidet sich aber von dieser Art schon morphologisch durch den weitaus mehr gestielten Blüthenstand, wie man aus einem Vergleiche der Abbildungen bei Fritz Müller und Janczewski ersieht. Eine nähere Untersuchung der Luftwurzel ergab, dass dieselbe an verschiedenen Stellen einen verschiedenen Umriss besitzt und demzufolge auch verschiedene Querschnittsbilder darbietet. In einem

[1] Fritz Müller schreibt in einem Briefe an Prof. Haberlandt: „Diese ebenfalls sehr seltene Art hängt von den Ästen der Bäume nieder und ihre Luftwurzeln scheinen niemals zur Befestigung der Pflanze zu dienen, sondern stets frei in die Luft zu ragen."

[2] Flora. 1877. S. 245.

[3] Jahrbücher f. wiss. Botanik XVIII. S. 553.

[4] A. a. O.

Falle ist die Wurzel dreikantig, mit zwei gleichen Seiten, während die dritte einem Zweigstücke eng anliegt (Fig. 5); in anderem Falle ist sie bloss zweikantig, mit einer convexen und einer ziemlich flachen Seite, welch' letztere gleichfalls an das Substrat ansetzt (Fig. 6). Zwischen beiden Extremen findet ein allmähliger Übergang in der Art statt, dass bei dem dreikantigen Wurzelumrisse die eine Seite sich immer mehr verlängert, während die andere in demselben Maasse abnimmt (Fig. 7). Der bei weitem grösste Theil der Wurzel zeigte die in Fig. 5 abgebildete dreieckige Querschnittsform; der anatomische Bau dieses Theiles ist im Wesentlichen der folgende.

Der Centralstrang ist, im Gegensatze zu dem polyarchen von *Polyrrhiza fasciola*, triarch oder tetrarch. Die Endodermis unterscheidet sich von der anderer biegungs- und zugfest gebauten Orchideen-Luftwurzeln nicht wesentlich. Im Rindenparenchym sind es namentlich zwei Eigenschaften, die sofort auffallen, einerseits der sehr bedeutende Gehalt an Chlorophyllkörpern, anderseits die deutliche Streckung der Zellen in radialer Richtung (ausgenommen die äusserte, ein- bis zweireihige Schicht); stellenweise sind Wasserzellen eingestreut. Gegen die Peripherie zu finden sich ziemlich regelmässig gelagert Raphidenschläuche vor. Die Wurzelhülle verhält sich ähnlich wie bei *Polyrrhiza fasciola*. Sie geht an den Flanken bis auf die inneren, an die Exodermis anschliessenden Tangentialwände, welche stark verdickt und geschichtet sind, meist gänzlich zu Grunde, so dass man nur mehr die Überreste der Radialwände sieht (Fig. 8), wobei allerdings stellenweise noch die Aussenwände als dünne collabirte Häutchen erhalten bleiben. An der dem Substrate aufsitzenden Seite dagegen erhält sich die Wurzelhülle, ihre Aussenzellen wachsen zu Wurzelhaaren aus, deren Wände mit Phloroglucin und Salzsäure die bekannte Reaction geben. Ausserdem bleibt noch die Wurzelhülle stellenweise an den drei Kanten [1] erhalten, um zusammen mit dem unter ihr gelegenen Gewebe Pneumathoden [2] zu bilden;

[1] Im Gegensatze zu *Polyrrhiza fasciola*, wo die Pneumathoden nur an der dem Substrate zugekehrten Seite vorkommen; vergl. Janczewski a. a. O.

[2] L. Jost, Botan. Zeitung 1887, S. 604; A. F. W. Schimper, Die epiphytische Vegetation Amerikas, S. 87.

diese Pneumathoden, welche denen von *Polyrrhiza fasciola* ähneln — wie bei dieser Art finden sich (im Querschnitte) unter einer oder zwei unverdickten Exodermiszellen je zwei Wasserzellen, welche durch einen Intercellularraum von einander getrennt werden — unterscheiden sich wesentlich dadurch, dass die an der Bildung theilnehmende Würzelhülle nur aus einer Reihe [1] von Zellen besteht, die an ihren Aussenwänden stark verdickt und hier sowie an den Querwänden mit Poren versehen sind (Fig. 9). Die Langzellen der Exodermis haben stark verdickte Aussenwände, während die Kurzzellen unverdickt bleiben. Bei den Langzellen ist die an die Mittellamelle grenzende Wandschicht in ihrem ganzen Umfange verkorkt, die Verdickungsschichten geben mit Chlorzink-Jod Violettfärbung; bei den Kurzzellen sind nur die Radialwände verkorkt, während die Tangentialwände unverkorkt bleiben (Fig. 4.) Die den Exodermiszellen aufliegenden Wände der Wurzelhülle zeigen keine Verkorkung, wohl aber bei Behandlung mit Phloroglucin und Salzsäure Rothviolettfärbung; mit Chlorzink-Jod färbt sich die der Innenhaut entsprechende Wandschicht schwach violett. Sehr eigenthümlich ist das constante Vorkommen von Poren in den den Kurzzellen aufliegenden Wänden. Die Poren, 6 bis 10 an der Zahl, haben entweder in ihrem ganzen Verlaufe denselben Durchmesser, oder — und dies ist der häufigere Fall — sie erweitern sich gegen die Kurzzellen zu trichterförmig; ihr Durchmesser beträgt an den Enden durchschnittlich $^1/_2$—2μ, in der Mitte $^1/_2$—1μ. Bei den den Langzellen aufliegenden Wänden der Wurzelhülle finden sich nur sehr vereinzelt Poren vor.

Die Wurzelpartien, welche einen anderen Umriss zeigen als der eben besprochene Theil, bieten denselben anatomischen Bau dar, nur, entsprechend dem Querschnitte, etwas modificirt.

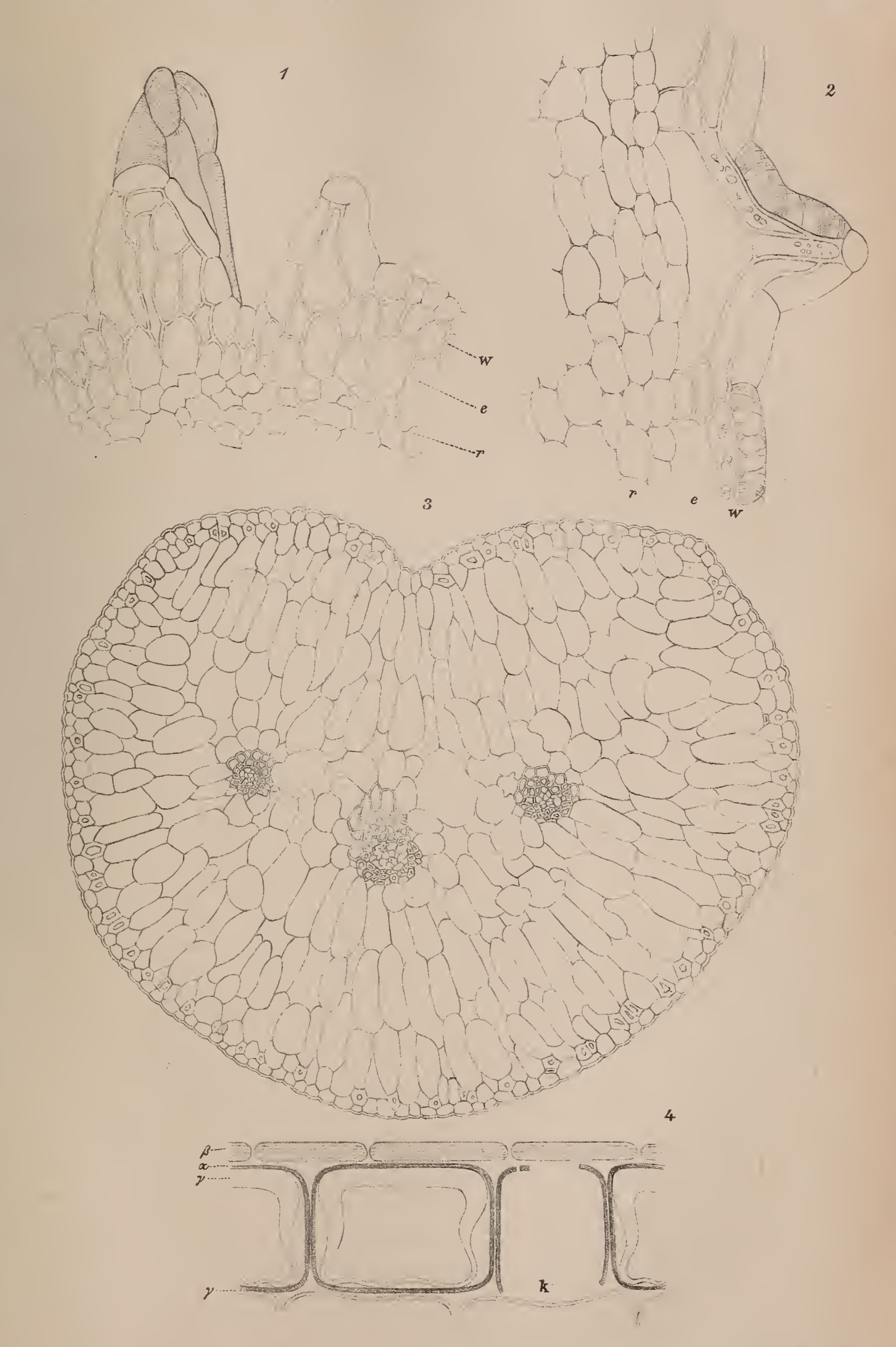
Der geschilderte anatomische Bau der Luftwurzel lehrt uns, dass wir es hier mit einer bereits sehr stark ausgeprägten Dorsi-

[1] An der dem Substrate zugekehrten Seite ist die Wurzelhülle mehrschichtig; von der Wurzelhülle des vom Substrate abgewendeten Theiles dagegen möchte ich glauben, dass die ihr den Ursprung gebende Initialschicht ungetheilt bleibt; wir hätten dann hier dasselbe Verhalten, wie es Janczewski für *Polyrrhiza fasciola* entwicklungsgeschichtlich festgestellt hat.

ventralität derselben zu thun haben. Aber diese Dorsiventralität ist nicht einfach die eines gewöhnlichen Laubblattes, sondern sie ist die Folge der Verrichtung zweier, bei anderen Pflanzen auf zwei ganz verschiedene Organe vertheilten Functionen: der Thätigkeit der Absorption und jener der Assimilation. Der vom Lichte abgewendete, an das Substrat sich anschmiegende Theil der Luftwurzel übernimmt die Absorptionsthätigkeit; dem entsprechend ist dieser Theil mit einer mehrschichtigen Wurzelhülle versehen, der ohne Zweifel alle die bekannten Eigenschaften der anderer Orchideen-Luftwurzeln zukommen. Das Nährwasser wird von den Zellen der Wurzelhülle aufgenommen und gelangt durch die zahlreichen unverkorkten Durchgangszellen in das Rindenparenchym. Ob auch die Wurzelhaare mit an der Absorption betheiligt sind oder lediglich als Haftorgane dienen, muss ich unentschieden lassen; wahrscheinlich werden ihnen beide Functionen zukommen.

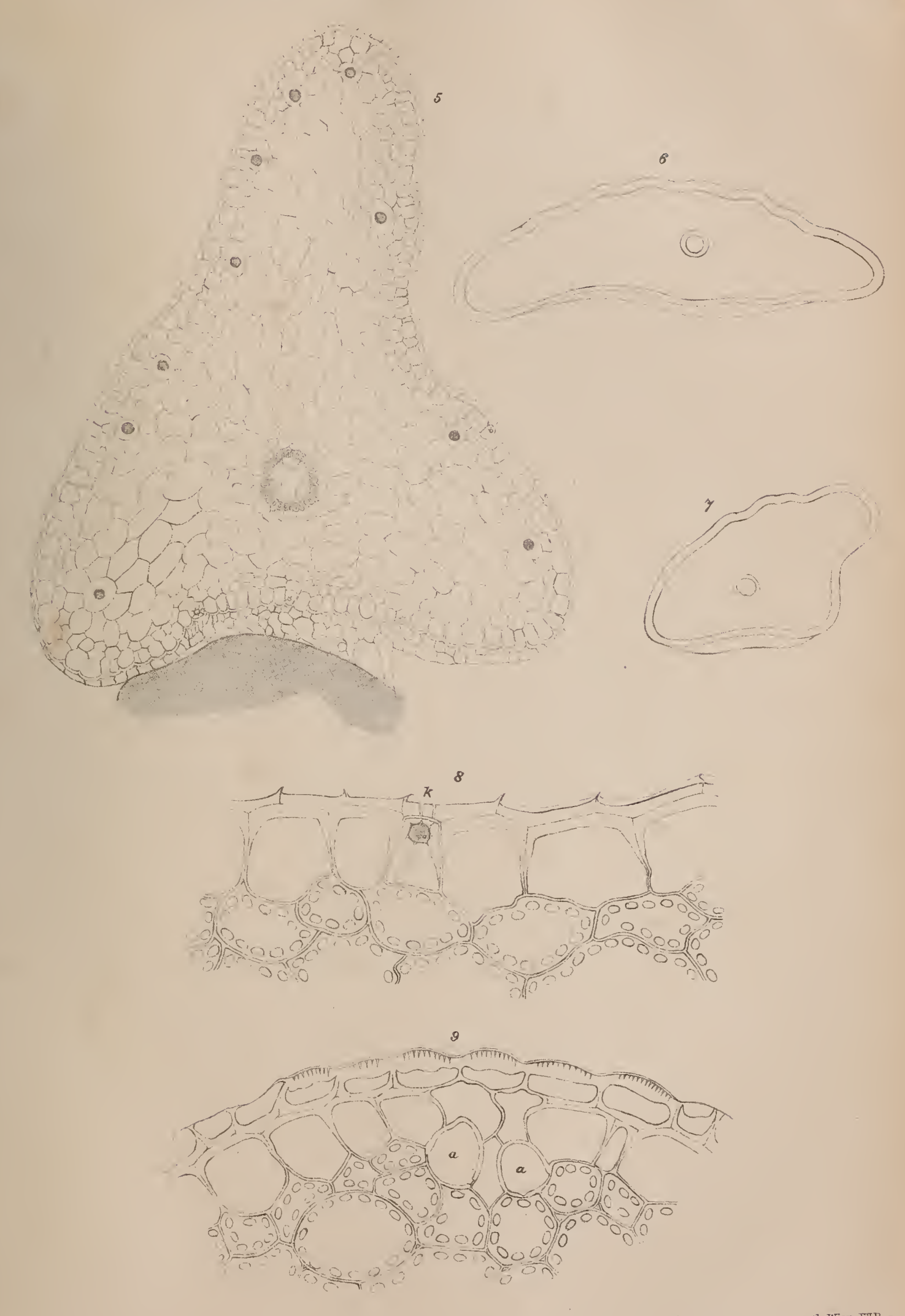
Der grössere Theil der Luftwurzel hat sich der Assimilationsthätigkeit angepasst. Worauf die Verschiedenheit des Umrisses beruht, vermag ich bei dem geringen Materiale, das mir zu Gebote stand, nicht zu entscheiden. Soviel aber kann man sagen, dass die Ausbildung eines Rückenflügels, wie sie bei dem grössten Theile der mir vorliegenden Wurzel vorkam, eine Vergrösserung der Assimilationsfläche bedingt. Dass aber eine Vergrösserung der Assimilationsfläche für eine Pflanze, die, abgesehen von der kurzen Blüthezeit, der Blätter und des Stengels entbehrt, von grosser Wichtigkeit ist, liegt wohl auf der Hand. Entsprechend seiner Function erinnert der assimilirende Theil der Luftwurzel in seinem Bau vielfach an einen assimilirenden Stengel. Die Exodermis hat ganz und gar das Aussehen einer Blatt- oder Stengelepidermis. Die periphere, einreihige, hie und da auch zweireihige Schicht des Rindenparenchyms besteht aus kleinen, nur mässig in die Länge gestreckten, stellenweise ganz isodiametrischen Zellen, welche zahlreiche Chlorophyllkörper besitzen und denen die eigentliche Assimilationsthätigkeit zukommt. Die übrigen Rindenparenchymzellen sind deutlich radial gestreckt und dienen offenbar der Ableitung der assimilirten Stoffe in die wohl entwickelte Scheide, welche den Centralstrang umgibt. Bezüglich der Frage nach der Transpiration des assimilirenden

Theiles der Luftwurzel wird man zunächst an die Pneumathoden denken. Es ist wohl sehr wahrscheinlich, dass hier die Pneumathoden nicht bloss bei den Vorgängen der Athmung und Assimilation die Rolle von Durchgangsstellen für ein- und austretende Gase spielen, sondern auch der Transpiration dienen. Ich möchte jedoch auch auf den Bau der Kurzzellen der Exodermis aufmerksam machen, welche, wie früher beschrieben, an den Tangentialwänden unverkorkt und dünnwandig sind, während die ihnen aufliegenden Wände der Wurzelhülle mit Poren versehen sind. Es wäre nicht ausgeschlossen, dass durch diese Kurzzellen, von denen ungefähr 20 auf 1 mm^2 kommen, die Transpiration statthat. Doch kann dies die anatomische Betrachtung der Luftwurzel allein nicht entscheiden; es muss das, wie noch so manche andere hier berührte Punkte, der experimentellen Untersuchung an lebenden Pflanzen vorbehalten bleiben.



Autor del.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien, VII. Bez.



Autor del.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien, VII Bez.

Tafelerklärung.

Es bedeuten: *a* Wasserzelle, *e* Exodermis, *k* Kurzzelle, *r* Rindenparenchym, *w* Wurzelhülle.

Tafel I.

Fig. 1—3 *Angrecum ornithorrhynchum* (?).

Fig. 1. Querschnitt durch den peripheren Theil der Luftwurzel; der längere Auswuchs der Wurzelhülle ist schief durchschnitten und bietet so einen Theil seiner Oberflächenansicht dar. Vergr. 90.

„ 2. Längsschnitt durch den peripheren Theil der Luftwurzel. Vergr. 90.

„ 3. Querschnitt durch ein Blatt. Vergr. 90.

„ 4. Schematische Darstellung eines Querschnittes durch die Exodermis der Luftwurzel von *Polyrrhiza* sp. nach aufeinander folgender Behandlung mit Schulze'schem Macerationsgemisch und Kalilauge. α die (dunkel gehaltenen) verkorkten Lamellen, β die mit Phloroglucin und HCl sich färbenden Schichten der Tangentialwände der Wurzelhülle, γ die mit Chlorzink-Jod die Cellulosereaction gebenden Theile. Bei der Kurzzelle *k* wurden die unverkorkten Partien nicht eingetragen.

Tafel II.

Sämmtliche Figuren zeigen Querschnitte durch die Luftwurzel von *Polyrrhiza* sp.

Fig. 5. Querschnitt durch den dreikantigen Theil der Luftwurzel. Vergr. 60.

„ 6. Schematischer Querschnitt durch den zweikantigen Theil der Luftwurzel. Schwach vergrössert.

„ 7. Schematischer Querschnitt durch einen Theil der Luftwurzel, wo die eine Seite stark verkürzt erscheint. Schwach vergrössert.

„ 8. Die Exodermis. Vergr. 320.

„ 9. Eine Pneumathode. Vergr. 320.